

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Blind Speech Enhancement with Independent  
Component Analysis and Spectral Subtraction  
(独立成分分析とスペクトル減算を用いたブラインド  
音声強調)

氏名 高橋 祐

(論文内容の要旨)

近年、円滑な音声インターフェイスを実現するため、ハンズフリー音声認識・音声通信において、目的音声だけを瞬時に取り出したいというニーズが高まっている。これらの背景から、音源分離技術の研究が盛んに行われているが、実環境における不十分な分離性能や信号処理に伴う音質劣化等の問題が指摘されている。そこで本論文では、上記の問題を解決するための技術提案として、高精度かつ高品質なブラインド音源分離手法の提案およびそのハンズフリー音声対話システムへの実装に関して論じている。

まずはじめに、現実の拡散性雑音環境下で所望の音声を強調する手法として、独立成分分析 (ICA) とスペクトル減算法 (SS) とを融合させたブラインド空間的サブトラクションアレー (BSSA) を提案している。一般に、従来の ICA に基づくブラインド音源分離技術においては、点音源同士の分離は可能であったが、複合的な雑音群から構成される拡散性雑音と目的音声との分離は不可能であった。この問題に対し本論文では、まず ICA が点音源音声推定よりも雑音推定の方が得意であることを見出し、その性質を生かした非線形音声強調アルゴリズムの提案を行った。また、本アルゴリズムの諸性質に関して、理論的な考察を行った。実験室および駅環境における実環境実験を行った結果、BSSA が従来 ICA に比べて大きく音声認識率を改善できることを確認した。さらに、BSSA のリアルタイムアルゴリズムを提案・実装し、ハンズフリー音声対話システムを構築した結果、80%以上の単語正解率を達成できた。

次に、前記 BSSA における非線形歪み（ミュージカルノイズ）の発生量を高次統計量に基づいて定量化する数理解析手法の提案を行っている。BSSA においては、非線形信号処理である SS 部を含むため、聴覚的に不快な残留雑音であるミュージカルノイズの発生が問題であった。これを解決するため、アレー信号処理および SS における高次統計量の変化を追跡することにより、ミュージカルノイズの数理解析が可能であることを提案した。また、本解析に基づいて、よりミュージカルノイズの発生が少ない信号処理構造を見出した。さらに、主観評価実験により、提案数理解析の妥当性および改良信号処理構造の有効性を実証した。

以上より、本論文においては、実環境雑音に対しても有効なブラインド音声強調手法の提案、およびその新たな音声入力フロントエンドとしての可能性を大いに示すことができたと言える。

### (論文審査結果の要旨)

近年、ハンズフリー音声認識・音声通信分野において、音源分離技術の研究が盛んに行われているが、実環境における不十分な分離性能や信号処理に伴う音質劣化等の問題があった。本論文では、上記の問題を解決するため、以下で述べる高精度かつ高品質なブラインド音源分離処理手法の提案およびそのハンズフリー音声対話システムへの実装に関して論じている。

#### (1) ブラインド空間サブトラクションアレー (BSSA) の提案

拡散性雑音環境下で目的の音声を高精度に抽出する手法として、独立成分分析 (ICA) とスペクトル減算法 (SS) とを組み合わせた BSSA を提案した。ここでは、ICA における雑音推定能力を有効活用し、最終的に SS を用いて音声強調を行う手法を提案した。実環境データを用いて実験的な評価を行った結果、BSSA が従来 ICA に比べて大きく音声認識率を改善できることを確認した。

#### (2) リアルタイム BSSA を用いたハンズフリー音声対話システムの構築

前記 BSSA における演算量削減法およびリアルタイムアルゴリズムを開発し、それをハンズフリー音声対話システム上へ実装した。本システムの評価実験により、単語認識率の向上を確認した。

#### (3) 高次統計量に基づく音質定量化理論の構築

BSSA におけるミュージカルノイズの発生量を高次統計量に基づいて数理解析・定量化する理論を提案した。また同時に、よりミュージカルノイズの発生が少ない非線形アレー信号処理法を提案した。主観評価実験により、提案する数理解析法およびそれに基づく信号処理構造改良法の有効性が示された。

以上の理論提案およびハードウェア実装による実用性の検証により、様々な実雑音環境下における高精度な雑音抑圧の実現およびその音声処理への応用が示された。本研究成果は、2 編の原著論文や多数の国際・国内会議にて発表され、IEEE SPS Japan Chapter 学生論文賞をはじめとする多数の学術賞を受賞した。つまり、本論文の音響・音声信号処理分野への貢献は極めて大きいといえる。以上より、平成 21 年 12 月 24 日に開催した公聴会の結果も参考にして、本博士論文の審査を行い、本論文は博士論文 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと判断した。